

绳索取心钻进工艺在水利水电工程 地质勘探中的应用研究

张正雄

(中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司勘察分院, 云南 昆明 650041)

摘要:以绳索取心钻进工艺在滇中引水工程可行性研究阶段万家一新庄段 ZK2108 孔的实践性应用为例,介绍了绳索取心钻进工艺技术的特点和应用细节,并对实际应用效果进行了对比分析,对关键技术环节进行了探索和应用研究,为绳索取心钻进工艺在水利水电工程地质勘探中的推广及应用奠定了基础,积累了经验。

关键词:绳索取心钻进;水利水电工程;地质勘探;滇中引水工程

中图分类号:P634.5 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2015)02-0060-05

Application Research on Wire-line Core Drilling in Geological Exploration of Water Conservancy and Hydropower Project/ZHANG Zheng-xiong(POWERCHINA Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming Yunnan 650041, China)

Abstract: Take an example of practical application of wire-line core drilling technology in ZK2108 of a water diversion project in Central Yunnan, the paper introduces the characteristics and application details of wire-line core drilling technology and makes comparison analysis on the practical effects. By the exploration and analysis on the key technical links, the foundation is laid for the promotion and application of wire-line core drilling in geological exploration of water conservancy and hydropower project.

Key words: wire-line core drilling; water conservancy and hydropower project; geological exploration; water diversion project in Central Yunnan

目前,我院水利水电工程地质钻探主要采用小口径金刚石双管钻进取心技术,由于采用提钻取心钻进工艺,大量作业时间耗费在辅助作业上,使得纯钻进时间相对减少,钻进效率低、工人劳动强度大、钻探成本高,尤其在破碎、复杂地层钻进方面存在钻进难、护壁难和取心难的问题,往往在时间紧、任务重的情况下感到力不从心,不能满足竞争日益激烈的市场需求。

在国内,绳索取心技术早已是成熟的钻进工艺,尤其在矿产勘探方面占据了主导地位,具有大量的借鉴和参考实例。但我院在水利水电钻探方面的应用还较少,因此,对绳索取心钻进工艺技术在水利水电工程地质勘探中的应用研究意义重大。

1 绳索取心钻进工艺简述

1.1 主要特点

绳索取心钻进工艺是一种钻进效率高、岩心采取率高、取心质量好的钻探工艺技术方法,其操作特

点是取心时不需要提出钻孔内的全部钻杆柱,而用专用的打捞工具,通过孔内钻杆将装有岩心的内管提至地面获得岩心,只有当钻头被磨损需要检查或更换时,才提升全部钻杆柱,从而减少了提下钻次数和升降钻具的辅助时间,提高了钻进效率。同时,即堵即起的岩心采取方法,对提高岩心采取率和质量也起到了重要的作用。

与普通钻进工艺相比,绳索取心钻进工艺还具有可控制钻孔偏斜度、降低工程成本、减少孔内事故等优点。

1.2 应用范围

绳索取心钻进工艺可在浅孔(100~300 m)和深孔中采用,对深孔钻进的优越性更加突出。一般情况下,对于钻进 6~10 级中硬、硬岩岩层效果较好,不宜钻进 11~12 级岩石,尤其是岩石的组织致密、颗粒细小无研磨性的极坚硬岩石,如石英闪长岩、石英砂砾岩、石英磁铁矿等,或研磨性很强的硬、脆、碎岩石。

是否采用绳索取心钻进工艺,应该结合地层条件、钻孔深度、钻头寿命以及绳索取心钻具配套设施等综合权衡并合理选用。

2 绳索取心钻进工艺的应用研究

2.1 试验性应用

由于我院钻探生产以小口径金刚石钻进工艺为主,对绳索取心钻进工艺技术尚未实践应用过,因此,为了能更好地投入到生产,先开展绳索取心技术的试验性研究工作。

本次试验选用XY-2型液压立轴式钻机、BW-250型卧式三缸往复单作用活塞泵,循环液采用SM植物胶冲洗液,钻杆、钻头、钻具及附属设备选用中地装备无锡钻探工具厂的S型标准系列。其中,S95、S75绳索取心钻具各3套,钻杆各200m,绳索取心钻头各10个,打捞器和木马夹持器各2套,其它附属材料若干。

本次试验孔深100m,首次对绳索取心钻进工艺技术进行了深层次的分析研究和探索应用,紧紧围绕孔内润滑、护壁、取心及钻进质量、效率等技术难题,重点探索研究了绳索取心钻进的关键技术环节及与之配套的循环液,初期成果明显,为实践性生产应用奠定了基础。

2.2 实践性应用

在试验性应用取得成果的基础上,在滇中引水工程可行性研究阶段万家—新庄段ZK2108孔进行了实践性应用,对绳索取心钻进工艺作进一步研究。

2.2.1 项目概况

滇中引水工程规划区含迪庆、丽江、大理、楚雄、昆明、曲靖、玉溪、红河等8个州(市)所辖的52个县,国土面积约9.49万 km^2 (占全省总面积的1/4),根据《滇中引水工程规划报告》、《滇中引水工程项目建议书研究报告》,滇中引水工程一次建成,工程总干渠奔子栏—蒙自全长848.2km,多年平均引水量34.17亿 m^3 ,渠首设计流量145 m^3/s 。万家—新庄段处于云南高原中部之滇东高原盆地区,沿线经过楚雄红岩高原亚区和昆明岩溶高原湖盆亚区两个地貌单元,区内山脉和主干河流受构造控制明显,线路通过地区地层发育齐全,沉积类型复杂、多样,从元古界到第四系均有出露。可行性研究阶段计划(含预留)钻探工作总量38250m,要求全孔岩心采取率 $\leq 95\%$,水压试验执行《水利水电工程钻孔压

水试验规程》(SL 31—2003)。由于部分地层以破碎玄武岩、灰岩、白云质灰岩、生物碎屑灰岩等岩溶地层为主,岩层破碎程度高、孔壁稳定性差、孔内事故率高、钻进难度大、钻进效率低。

ZK2108孔设计孔深220m,位于昆明市盘龙区两面寺附近的昆明—呈贡隧洞出口处,覆盖层主要为碎块石和粘土,基岩主要是灰质白云岩、石英砂岩,节理裂隙较发育,裂隙间多充填泥质、岩屑等物质,面起伏粗糙,以缓倾节理为主,受构造影响,岩体较为破碎、松散,钻进难度较大。

2.2.2 钻进器具及附属设备的配置

由于处于实践性应用阶段,并受到目前人员、设备、材料等资源的限制,ZK2108孔的钻进主要用试验性阶段的设备和器具材料。

2.2.3 钻进参数

绳索取心钻进效率取决于钻进规程参数的选择,必须根据地层条件和绳索取心钻具特点,合理选择钻压、转速和冲洗液量。

2.2.3.1 钻压

钻进过程中,当钻压高于所钻岩石的压力硬度时,岩石就由表面破碎转为体积破碎,但当压力接近或超过金刚石本身抗压强度时,金刚石开始破损,同时,随着钻压的增加,金刚石的磨损量也增加。由于绳索取心钻头胎体壁要比标准钻头厚2mm,因此绳索取心钻进环状克取面积比常规取心钻进增大了10%以上,钻进时所用钻压亦相应增大10%左右。实际选择钻压应按具体岩层条件、钻头类型、钻头实际尺寸等,通过实践合理确定。

该孔选用孕镶金刚石钻头,结合地层实际情况, $\varnothing 75\text{mm}$ 口径钻压选择为11~14kN, $\varnothing 95\text{mm}$ 口径钻压选择为12~17kN。

2.2.3.2 转速

转速是影响绳索取心金刚石钻进速度的重要因素,转速过快或过慢,对绳索取心钻进都不利。通常情况下,孕镶金刚石钻头的圆周线速度在1.5~3m/s范围内较合适,表镶金刚石钻头则在1~2m/s较为合适。

根据实际钻进情况,该孔 $\varnothing 75\text{mm}$ 转速选择为500~800r/min, $\varnothing 95\text{mm}$ 转速选择为400~700r/min。

2.2.3.3 冲洗液量

冲洗液除冷却钻头和悬排岩粉外,还有调节金

金刚石钻头胎体正常磨损的作用。由于绳索取心钻杆与孔壁间隙很小,冲洗液上升速度得到了提高,因此,流量比普通双管略低。通常情况下,保持环状间隙上返流速在 $0.45 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 范围内,钻头唇面单位面积(cm^2)冲洗液量在 $3 \sim 5 \text{ L/min}$ (中硬—硬岩)或 $2.4 \sim 4 \text{ L/min}$ (硬—坚硬岩)较为合适,宜根据具体施工条件合理确定。

该孔钻进 $\varnothing 75 \text{ mm}$ 口径冲洗液量选择为 $60 \sim 70 \text{ L/min}$, $\varnothing 95 \text{ mm}$ 冲洗液量选择为 $80 \sim 90 \text{ L/min}$ 。

2.2.4 冲洗液

冲洗液的选用种类很多,一般可选用聚丙烯酰胺、不分散低固相冲洗液、低粘增效粉(LBM)泥浆、天然植物胶溶液、生物聚合物溶液等。绳索取心钻进应根据地层特点、钻孔设计深度来合理选择冲洗液,冲洗液应有良好的流动性,对孔壁的侧压力小,防塌排粉效果好,能迅速堵塞岩石的自然空隙。

该孔钻进选用聚丙烯酰胺低固相冲洗液,按照膨润土的加量为 $3\% \sim 5\%$,纯碱的加量为 $0.2\% \sim 0.3\%$,聚丙烯酰胺的加量为 0.1% 来配制,将水解的聚丙烯酰胺和纯碱溶液加入到泥浆中,混合搅拌均匀后即可使用。

2.2.5 取心操作技术

当钻进到岩心快装满内管或发生岩心堵塞时,立即停泵起钻。内管捞出孔口后,卸开捞钩,检查岩心采取情况,若有岩心,则拧开内管任意一端后,轻轻敲击内管倒出岩心;若发现内管中无岩心或岩心欠缺时,应当判断原因,采取相应措施及时处理。任何情况下,回次进尺长度不应超过岩心管有效容纳长度。

2.2.6 关键技术环节的探索与应用

2.2.6.1 套管护壁

钻孔必须下孔口管保护孔口、防止偏斜,必要时,还应下表层套管,以防止表层漏失和坍塌。下好表层套管是保证绳索取心正常钻进的基础,一般情况下,应根据所采用绳索取心钻具规格和孔径要求来选择套管直径,套管直径应与钻具口径相匹配,直径过大会造成钻具工作不稳定,容易折断钻杆,不利于提高钻具回转速度;直径过小,容易造成起下钻困难,不利于悬排岩粉。同时,还应根据所遇地层岩性完整程度来确定所下套管的深度,套管应下入完整基岩,并应尽量一次下入到需要的最大深度,以减少换径次数,简化钻孔结构。

该孔根据地层情况下入了孔口管和表层套管,并在钻进至 171 m 遇到破碎层出现坍塌、掉块时,采取将表层套管拔出,扩孔到完整基岩下部 3 m 左右下套管的方法解决护壁问题。

2.2.6.2 岩心打捞

在岩心打捞过程中,往往会存在内管卡死在外管总成内打捞不成功,或打捞器打捞不住内管总成,亦或是打捞途中遇阻提拉不上来等情况。对于这些情况的出现,应认真分析原因,采取钻进前认真检查、钻进中起大钻检查、设置循环液沉淀池等有效措施进行防范和处理。

该孔钻进过程中,出现了打捞途中遇阻提拉不上来的情况,取出钻具后检查分析发现,阻碍内管起下的原因是钻杆内有泥皮,通过调整泥浆性能,采用循环沉淀系统,增设除砂和除泥装置后,该问题得以顺利解决。

2.2.6.3 孔内事故预防

由于绳索钻杆与孔壁间隙小、摩擦大,钻杆接头容易磨损变薄,容易发生钻杆折断事故,应选用优质的冲洗液进行润滑,并选用材质良好的钻杆及钻具,在起下大钻时多检查钻杆接头处,以免发生事故。

在地质条件复杂或地质情况不明的情况下,也可以考虑终孔孔径比所要求的孔径增大一级,以预防可能出现的意外情况,或者在不改变终孔孔径的情况下,在开孔时预留一级口径,以备在遇到意外情况时采取相应的处理措施。

2.2.6.4 与普通钻进工艺的结合使用

对于破碎复杂地层,一般较为松散,孔壁易坍塌、掉块,需要下套管隔离或采用水泥封孔,亦或是选用合适泥浆进行护壁。由于绳索取心钻进技术本身的缺陷,采用绳索取心钻进反而局限性较大,会出现无法钻进的情况,这种地层往往需要采用与常规钻进工艺相结合使用。

该孔的钻进过程中,先采用普通钻进工艺钻穿覆盖层进入完整基岩,下入套管护壁,然后采用 $\varnothing 95 \text{ mm}$ 口径的绳索取心钻进工艺钻进。由于缺乏对地层的全面认识和了解,在钻穿完整基岩遇到破碎、复杂的地层后,绳索取心钻进工艺无法实施正常钻进。起大钻后采用 $\varnothing 110 \text{ mm}$ 口径的普通钻进工艺扩孔穿过破碎层并下入套管护壁后,继续采用绳索取心工艺钻进。

2.2.7 应用效果对比分析

ZK2108孔与相距1.1 km的ZK2109孔地层情况相似,ZK2109孔采用普通钻进工艺。2个孔采用不同钻进工艺的效果对比分析详见表1。

表1 ZK2108孔与ZK2109孔钻进效果对比分析

孔号	钻进工艺	设计孔深/m	终孔深度/m	所用台班数	平均台班进尺/m	起下大钻次数/次	岩心采取率/%
ZK2109	普通钻进工艺	190	190.33	80	2.38	240	92.5
ZK2108	绳索取心钻进工艺	220	222.41	45	4.94	15	98.5

由表1可知,采用绳索取心钻进工艺技术,可大大节省起下钻时间,降低劳动强度,提高钻进效率和岩心质量,降低勘探成本。

2.2.7.1 钻进效率大幅提高

通过表1的对比分析情况,采用绳索取心钻进工艺的钻进效率比普通钻进工艺提高了107.56%。在实践应用过程中,更是以单班最快进尺达到17 m的效率,刷新了类似地层采用普通钻进工艺的记录,钻进效率得到大幅度提高。

2.2.7.2 岩心质量明显改善

采用绳索取心钻进工艺,岩心堵塞立即捞取岩心,避免重复破碎,提高了岩心采取率和岩心品质,岩心采取率比普通钻进工艺提高6.5%,尤其局部松散或软弱夹层的采取率可达100%,这是普通钻进工艺难以达到的(见图1)。



图1 绳索取心钻进采取的岩心质量

2.2.7.3 劳动强度和勘探成本有效降低

绳索取心钻进工艺采用绳索绞车带动打捞器打捞内管总成采取岩心,避免了普通钻进工艺起下大钻采取岩心的高强度运作方式,起下大钻的次数减少了93.75%,劳动强度得到大幅降低。

由于钻进效率的提高和投入资源的减少,勘探成本也明显降低。根据表1的对比分析结果,结合

目前钻进类似地层的台班钻进直接成本情况(含材料费、人工费、燃油费约1000元),则绳索取心钻进工艺的单位成本为202.43元/m,普通钻进工艺的单位成本为416.67元/m,单位成本降低了51.42%。

2.2.7.4 护壁和悬排岩粉效果明显

由于绳索取心钻进工艺的钻杆起到套管护壁的作用,加上应用优质的聚丙烯酰胺低固相泥浆循环液,具有良好的润滑、冷却和悬排岩粉的能力,减小了钻进负荷,降低了事故发生率,护壁和悬排岩粉效果明显(见图2)。



图2 聚丙烯酰胺低固相循环液悬排岩粉效果

3 技术总结及推广应用

3.1 技术总结

(1)采用绳索取心钻进工艺,大大节省了起下钻的时间,也减少了起下钻扫孔等辅助时间,还可以减小孔壁扰动和掉块,从而提高了钻进效率,降低了工人劳动强度和勘探成本,钻进安全系数更高。

(2)由于绳索取心钻进工艺岩心即堵即起,减小了岩心对磨或扰动,避免了重复破碎,对提高岩心质量有着重要的作用。

(3)在钻进过程中,要根据岩层性质,尽量采用小口径钻进,并合理选择钻进规程参数,合理控制钻进时效,遇到岩心堵塞时及时提钻取心,不能盲目靠加大钻压来追求进尺速度。

(4)绳索取心钻进外环间隙小、循环压力高,容易造成循环漏失、压塌孔壁,而频繁提钻产生的抽吸对地层的稳定性也造成一定程度的破坏,对非完整性地层需要使用优质的泥浆钻进。尤其在钻进复杂地层时,应放慢起下钻速度,提升钻具及打捞内管总成时,均须向孔内回灌一定量的冲洗液。

(5)绳索取心钻进工艺的初次实践应用效果较

好,为我院在水利水电工程地质勘探中推广该项工艺积累了经验。

3.2 推广及应用

鉴于绳索取心在 ZK2108 孔应用取得的初期成果,结合本期实践中积累的经验,新购买了 JS 系列钻杆 JS95A、JS75C 各 700 m, Q 系列 HQ、NQ 绳索钻具各 4 套,并成功应用于广东某地质勘察项目 650 m 的深孔和滇中引水工程可行性研究阶段万家—新庄段 ZK1094(480 m)、ZK1095(550 m) 的深孔钻进,标志着我院绳索取心钻进技术在水利水电工程钻探中的应用取得了重大突破,并初步具备了推广使用该项技术的条件。

4 结语

由于绳索取心钻进工艺有着常规钻进工艺无可替代的优势,是一项先进的钻进技术,但在水利水电工程地质勘探中的应用还较少,因此,在水利水电工程地质勘探中推广应用该项技术前景广阔。但根据现场实际应用效果,完整地层钻进优势较为明显,破碎、复杂地层钻进局限性较大,在绳索取心技术的下步应用中,将持续加大对复杂地层钻进关键技术环节

的探索和应用研究,以期达到在水利水电工程地质勘探中全面普及和推广应用绳索取心钻进工艺的效果。

参考文献:

- [1] 武孟元,王险峰.绳索取芯钻探施工技术[J].水科学与工程,2006,(3):5-6.
- [2] 张春波.绳索取心钻探技术发展现状及展望[J].探矿工程,1999,(S1):137-139.
- [3] 王守奎,张晓峰,王金志,等.绳索取心技术在钻探施工中的应用[J].吉林地质,2009,(4):112-113.
- [4] 郭明,李守圣,易学文,等.绳索取心钻进在水利水电勘探中存在的问题及解决思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):24-27.
- [5] 四川省峨眉山四零三建设工程公司.金刚石绳索取心钻进操作规程[Z].四川峨眉山:四川省峨眉山四零三建设工程公司,2005.
- [6] 王家强.吴家庄水库绳索取心金刚石钻探技术[J].山西水利科技,2011,(4).
- [7] 林华虎,甘杰,林大明.绳索取芯钻进技术在水利水电超深孔钻探中的应用[J].水利水电工程设计,2012,31(2).
- [8] 常江华,凡东,刘庆修,等.水平孔绳索取心钻进技术在金矿坑道勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):40-43.

(上接第 59 页)

(3) 处理剂的加入应缓慢,不得加入过快,防止泥浆流变性受到影响;

(4) 施工中应合理控制钻进参数、提下钻速度,防止对孔壁人为破坏。

5 结论

通过对金龙山矿区地层岩性特点、地层失稳的因素研究分析,利用 PHPA 聚合物和 K^+ 对泥页岩的作用机理和 SD 植物胶对地层抑制封堵、减振、减摩擦阻等作用,研制出了这种具有强封堵能力和抑制性的系列复合泥浆,有效控制了矿区孔壁失稳和漏失,降低了事故率,提高了经济效率。

参考文献:

- [1] 石立明.复杂地层岩心钻探综合治理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):12-14.

- [2] 王果庭,张春光.聚丙烯酰胺不分散低固相泥浆[M].北京:地质出版社,1980.
- [3] 朱天玉,蔡鹏,张珊.KCL-PPHA 钻井液在辽东湾的应用[J].油气田地面工程,2011,(3):73-74.
- [4] 王殿琦,李云飞.固体矿产钻探工[M].北京:地质出版社,1999.
- [5] 王世光.钻探工程[M].北京:地质出版社,1993.
- [6] 孙传欣.PAA 冲洗液在三山岛蚀变岩型金矿中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2003,30(6):41-42.
- [7] 郑思光,刘继东.内蒙古曹四夭钼矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):17-22.
- [8] 石得权,颜志华.金龙山矿区复杂地层综合治理[J].中国科技博览,2013,(36):112-112.
- [9] 范志勇,杨建新.小秦岭金矿田深部钻探工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(7):53-55,57.
- [10] 李海峰,孙新堂.复合泥浆在龙家堡复杂地层的应用[J].长春工程学院学报(自然科学版),2005,(3):5-7.
- [11] 宋世杰,陈师逊,杨芳.三山岛海上金矿勘查工程 ZK3410 孔坍塌原因与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):26-28,32.